

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

Návrh nové technologie výroby nástrojové základny  
Proposal of New Technology Productin of Tooling Base

Student: Martin Černý  
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Sadílek, Ph.D.  
Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Černý**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh nové technologie výroby nástrojové základny**  
**Proposal of New Technology Production of Tooling Base**

Zásady pro vypracování:

1. Přehled současného stavu technologie soustružení.
2. Problematika programování CNC obráběcích strojů.
3. Zhodnocení a rozbor stávající technologie výroby nástrojové základny.
4. Návrh nové technologie výroby nástrojové základny.
5. Závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2010. 138 s. ISBN 978-80-248-2278-4.
- [2] BILÍK, O. *Obrábění II. 1. díl*. I. vydání. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1994. 130 s. ISBN 80-7078-228-5.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....19.5. 2011.....


.....*Marek Číž*.....

Podpis studenta

## Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5.2011 .....

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Černý

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Lidická 591, 747 41 Hradec nad Moravicí

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČERNÝ, M. *Návrh nové technologie výroby nástrojové základny: Bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2011, 43 s. Vedoucí práce: Sadílek, M.

Práce se zabývá výrobou součástí – nástrojové základny. V průběhu je nejprve charakterizován vybraný představitel - firma LK Kukol, materiál a rozebrána stávající technologie výroby. Stávající výroba je zavedena na několika strojích a pracovištích. Následuje rozbor navržené technologie výroby. Pro výrobu navrhovanou technologií je použito kombinace klasických obráběcích strojů a CNC strojů, podle požadavků a možností firmy. Hlavním cílem je zvýšení produktivity a s tím související odstranění operace broušení a nahrazení obráběním nástroji s určitou geometrií. Výhodou je podstatné snížení výrobních časů a s tím i výrobních nákladů. Dále je uvedena volba nových nástrojů s určováním řezných podmínek. Na závěr jsou obě technologie technicko – ekonomicky porovnány. V příloze je uveden řídicí program pro obrábění na CNC stroji.

## BACHELOR'S THESIS ANNOTATION

ČERNÝ, M. *Proposal of New Technology Productin of Tooling Base: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, The Faculty of Engineering, Machining and Assembly Department, 2011, 43 p. Bachelor's Thesis, head: Sadílek, M.

This thesis deals with production of parts – Tooling base. The sample representative – LK Kukol company, material and current production are introduced and described. The current production is running on several machines and workstations. This part is followed by the designed production technology analysis. For the production using this designed technology we used combination of standart machine tools and CNC machines according to the company requirements and possibilities. The main target is to increase the productivity and to avoid any grinding and machining operation done by specific machining tool geometry. The advantage is substantial production time reduction leading to reducing the costs of production. In the next section new tools with cutting conditions definition are described. Finally both technologies are compared from technical and economical points of view. The appendix includes control program for CNC machine tool.

# Obsah

<b>Seznam použitých symbolů a zkratk .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Současný stav technologie soustružení .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Problematika programování CNC obráběcích strojů .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Stávající technologie výroby nástrojové základny .....</b>	<b>12</b>
4.1 Charakteristika firmy LK Kukol.....	12
4.2 Charakteristika obráběného materiálu 1.4112 .....	12
4.3 Rozbor stávající technologie výroby .....	13
4.4 Výrobní postup stávající technologie výroby .....	14
4.5 Výrobní zařízení stávající technologie .....	15
4.6 Použité nástroje stávající technologie výroby .....	16
4.6.1 Tvarové soustružnické nože a přípravky stávající technologie výroby..	17
4.6.2 Řezné podmínky nástrojů stávající technologie výroby.....	19
<b>5. Navrhovaná technologie výroby nástrojové základny.....</b>	<b>20</b>
5.1 Rozbor navrhované technologie výroby .....	20
5.2 Výrobní postup navrhované technologie .....	20
5.3 Výrobní zařízení navrhované technologie výroby.....	21
5.3.1 Charakteristika stroje.....	21
5.3.2 Řídicí systém stroje MAS SMARTURN 120 .....	22
5.4 Výběr nástrojů navrhované technologie .....	23
5.5 Použité nástroje navrhované technologie .....	24
5.5.1 Vnější hrubování a dokončování (T1 + T2) .....	24
5.5.2 Vnitřní dokončování (T3).....	25
5.5.3 Vnější zapichování (T4) .....	26
5.5.4 Soustružení vybrání s rádiusem R5 a R4 (T5).....	26
5.5.5 Soustružení zápichu F (T6) .....	27
5.5.6 Vrtání (T7 + nástroje pro CNC frézku UW3) .....	27
5.5.7 Vrtání (T8 + T9) .....	28
5.6 Řezné podmínky navrhované technologie výroby.....	29
5.7 Vypracování řídicího programu.....	30

5.8	Průběh obrábění .....	32
<b>6.</b>	<b>Technicko–ekonomické porovnání stávající a navržené technologie.....</b>	<b>33</b>
6.1	Ekonomické uplatnění NC strojů ve výrobě.....	33
6.2	Oblast porovnávání .....	34
6.3	Stanovení spotřeby časů.....	34
6.4	Spotřeba času a náklady na výrobu jednoho kusu .....	35
6.5	Spotřeba času a náklady na výrobu jedné výrobní dávky .....	37
6.6	Grafické porovnání stávající a navržené technologie obrábění .....	38
<b>7.</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>40</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>41</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>43</b>

## Seznam použitých symbolů a zkratek

značka	popis	Jednotka
(B)	bruska	
(CNCS)	CNC soustruh	
(F)	frézka	
(N)	nová technologie	
(S)	soustruh	
(ST)	stávající technologie	
$a_p$	hloubka řezu	mm
CAD	Computer Aided Design - počítačová podpora konstruování	
CAM	Computer Aided Manufacturing - počítačová podpora výroby	
CNC	Computerized Numerical Control - číslicové řízení počítačem	
ČSN	česká norma	
DV	výrobní dávka	ks
EN	evropská norma	
$f$	posuv za otáčku	mm
ISO	mezinárodní norma	
L	délka	mm
NC	Numerical Control - číslicové řízení	
$N_{SH}$	Hodinová sazba stroje	Kč
NT	navrhovaná technologie	
NVD	náklady na výrobu výrobní dávky	Kč
PVD	Physical Vapour Deposition	
$R_a$	střední aritmetická odchylka profilu	$\mu\text{m}$
$t_{AC}$	jednicový čas	min
$t_{BC}$	dávkový čas	min
$t_{VD}$	spotřeba času k výrobě výrobní dávky	min
$t_{VK}$	spotřeba času k výrobě jednoho kusu	min
$U_N$	úspora nákladu na výrobu jednoho kusu	Kč
$U_{NVD}$	úspora nákladů na výrobní dávku	Kč
$U_{VD}$	úspora spotřeby času k výrobě výrobní dávky	min
$U_{VK}$	úspora spotřeby času k výrobě jednoho kusu	min
VBD	výměnná břitová destička	
$v_c$	řezná rychlost	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$



# 1. Úvod

Vývoj počítačové techniky a řezných materiálů přispěl k zásadnímu pokroku ve strojírenství. Došlo ke spojení obráběcích strojů s počítačovou technikou a vznikly číslíkově řízené stroje pracující s připravenými NC programy. Vývoj NC strojů umožnil využití technologií výroby, které umožňují obrábění tvarově složitých součástí, jejichž výroba v době konvenčních obráběcích strojů nebyla možná nebo byla obtížná a závisela na použití více jednoúčelových strojů, přípravků a značně závisela na zručnosti obsluhy stroje. Použití NC obráběcích strojů a výkonného nástrojového vybavení zvyšuje produktivitu práce, přesnost a snižuje výrobní náklady a tím přispívá k rychlejšímu návratu finančních investic.

Práce se zabývá výrobou součástí – nástrojové základny. V průběhu je nejprve charakterizován vybraný představitel - firma LK Kukol, materiál a rozebrána stávající výroba. Stávající výroba je zavedena na několika strojích a pracovištích. Následuje rozbor navržené technologie výroby. Pro výrobu navrhovanou technologií je použito kombinace klasických obráběcích strojů a CNC strojů, podle požadavků a možností firmy. Hlavním cílem je zvýšení produktivity a s tím související odstranění operace broušení a nahrazení obráběním nástroji s určitou geometrií. Cílem je podstatné snížení výrobních časů a zvýšení přesnosti. Dále je uvedena volba nových nástrojů s určováním řezných podmínek. Na závěr jsou uvedeny závěry pro realizaci v praxi a poznatky z výroby jednoho kusu součásti novou technologií.

## 2. Současný stav technologie soustružení

Soustružnické stroje představují největší podíl strojírenské obráběcí techniky. V obráběcích provozech strojírenských podniků se vyskytují ve velkém počtu typů a vykazují různý stupeň automatizace. Z konstrukčně technologického hlediska se rozlišují soustruhy hrotové, svislé, čelní, revolverové a speciální (např. podsoustružovací). Podle stupně automatizace se používají soustruhy ručně ovládané, poloautomatické a automatické. U poloautomatických a automatických soustruhů se aplikuje tvrdá automatizace nebo pružná automatizace pracovního cyklu. [1]

V současnosti se důraz přesouvá na rychlost výroby (zkracování výrobních časů). Hlavním směrem je intenzifikace vlastního řezného procesu. Nové řezné materiály a nástroje vytvářejí prostor pro velký nárůst řezného výkonu. Rychle postupuje i integrace soustružnických operací s frézováním, mimoosým vrtáním, vyvrtáváním a závitováním, ale i s dokončovacím soustružením kalených povrchů s procesním měřením obrobku i nástrojů na soustružnických centrech. Vytváření univerzálních nástrojových systémů pro soustružnické operace i operace s rotujícími nástroji je důležitou podmínkou efektivního nasazení soustružnických center. [2]

Pod vlivem působících ekonomických a technologických požadavků se hledají prostředky k jejich splnění, přičemž se dnes jde až na hranici existujících technických možností. Tím je iniciováno urychlení vývoje rozhodujících uzlů, jako jsou integrovaná vysokootáčková elektrovřetena s externím kapalinovým chlazením a inteligentními servosystémy s „look ahead“ korekcemi i kompenzací očekávaných polohových odchylek, které by jinak při technologicky požadovaných rychlostech pracovních posuvů již nabývaly neúnosných hodnot. [2]

### **3. Problematika programování CNC obráběcích strojů**

Technologie obrábění při zpracování NC programu se z principu neliší od konvenční technologie. Při zpracování NC technologie se vychází z obecných principů – postupnou volbou technologických operací (hrubovacích, dokončovacích) nebo úkonů v logickém sledu, se realizuje požadovaný technologický výsledek. NC technologie, na rozdíl od klasického pojetí, je zpravidla řešena na detailnější úrovni, proto se musí při zpracování NC technologie respektovat např. způsob frézování (sousledné, nesousledné, kombinované, atd.), dynamické a jiné charakteristiky NC stroje. Pro dosažení požadované přesnosti při realizaci dokončovacích operací se musí k problému zpracování technologie přistupovat mnohem komplexněji. [3]

Se zpracováním technologie souvisí i realizace některých speciálních operačních úseků, jako hrubování složitých rotačních nebo nerotačních tvarů ve víceosém režimu obrábění. Řešená technologie je podmíněna možnostmi jednotlivých pracovišť NC strojů. [4]. Každá z těchto technologií musí obsahovat hrubovací, polodokončovací a dokončovací operace. Protože NC stroje a NC obráběcí centra pracují podle NC programů, je nutné tyto programy sestavit. [5]

#### **Ruční programování NC strojů**

Tento způsob má využití především v opravárenských provozech, kde stroj není tolik vytížen a programování je možné přímo u stroje. Dále pak tam, kde výkresy nejsou dodávány ve formě CAD dat. Je určeno pro jednodušší, tvarově nenáročné součásti. [5]

#### **Ruční programování v ISO kódu**

Tímto způsobem se programují pouze jednodušší součásti s jednoduchými plochami rovinnými, válcovými, kuželovými a ve 2D a 2.5D. Hlavní nevýhodou je velká časová náročnost programování. [5]

#### **Programování v interaktivním prostředí**

Jedná se o lehčí programování než v ISO kódu za pomoci interaktivního rozhraní mezi programátorem a řídicím systémem, např. u řídicího systému Heidenhain tzv. „dialog“. Určeno též pro 2D a 2.5D obrábění. [5]

## 4. Stávající technologie výroby nástrojové základny

### 4.1 Charakteristika firmy LK Kukol

Malá firma z moravskoslezského kraje LK Kukol svou vysokou kvalitou dřevoobráběcích strojů navázala na 150. letou tradici a preciznost detailů i celků německé firmy Fromia.

Dnešní základ výroby tvoří výroba vakuových komor, přípravků a kompletních elektronových svářeček pro automobilový průmysl, výjimečně se i dnes vrací k původní výrobě v omezeném množství.

K dnešnímu dni zaměstnává 26 vysoce kvalifikovaných zaměstnanců. Za svou krátkou dobu působení na českém trhu získala firma mnoho referenci v zahraničí, především v Německu.

### 4.2 Charakteristika obráběného materiálu 1.4112

#### Srovnatelná ocel:

ČSN - 17 151, EN ISO - X90CrMoV18, AISI – 440B

#### Charakteristika oceli:

Ocel korozivzdorná, chromová. Ocel je poloferitická, feromagnetická. Je dobře tvárná za tepla, za studena je dobře obrobitelná. Odolává žáru (obvykle v žíhaném stavu) do teploty 800 °C. S kovově lesklým povrchem odolává korozi, zředěné kyselině dusičné a slabým organickým kyselinám. Dobrá obrobitelnost.

#### Použití oceli:

Výrobky pro stříhání a řezání, kuličková ložiska, vstřikovací trysky, výrobky pro medicínu, měřidla, kalibry. [6]

#### Chemické složení oceli 1.4112

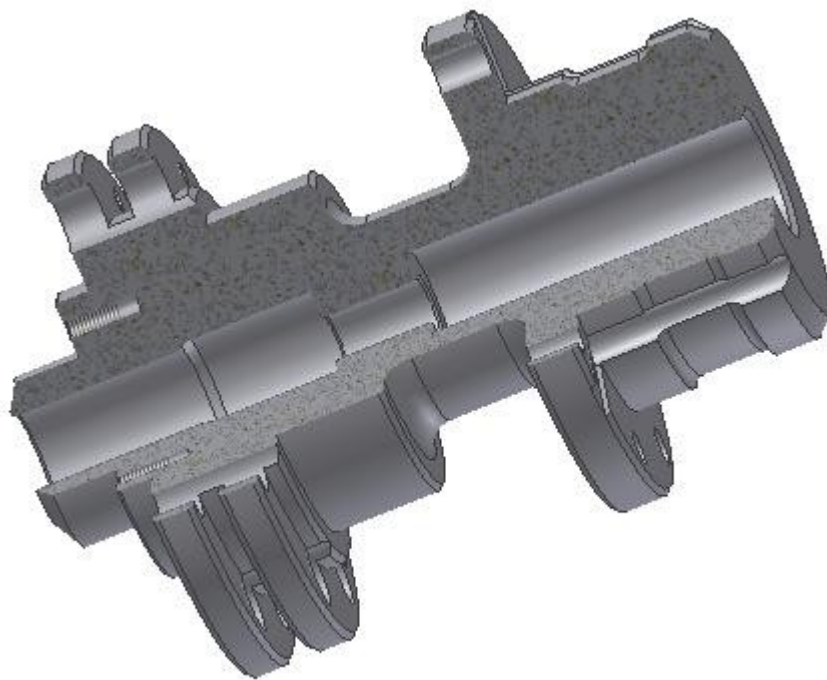
Tab. 4.1 Chemické složení oceli 1.4112

Prvek	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	V
Obsah [%]	0,85 0,95	max. 1,00	max. 1,00	max. 0,040	max. 0,030	17,00 19,00	0,90 1,30	0,07 0,12

### 4.3 Rozbor stávající technologie výroby

Stávající výroba součásti je prováděna na třech výrobních strojích. Součást prochází operacemi – řezání, soustružení, vrtání a frézování, dále zámečnickou dílnou a po broušení následuje plazmová nitridace a 100% kontrolou kusu v přípravku. Kontrola zahrnuje zapsání hodnot do protokolu o měření.

Podle výrobního výkresu 113304-00 (viz příloha) od firmy LK Kukol byl vytvořen 3D model ve tříčtvrtečním řezu v programu Autodesk Inventor Professional 2009 (obr. 4.1).



Obr. 4.1 Model nástrojové základy ve tříčtvrtečním řezu

#### 4.4 Výrobní postup stávající technologie výroby

Výrobní postup byl vypracován dle firemních zvyklostí.

Tab. 4.2 Výrobní postup stávající technologie výroby

VÝROBNÍ POSTUP					Listů 1	List 1/1
Sestava Držák součásti (Werkstückaufnahme)			č. sestavy 113300-00		č. výkresu 113304-00	
Výrobek Nástrojová základny (Werkzeuggrundkörper)					Počet kusů 24	
poz.	ks	Hmotnost	Rozměr polotovaru	Materiál	ČSN	
2	1	7,03 kg	Ø 92 x 134	1.4112		

Číslo op.	Výrobní zařízení, pracoviště	Popis práce	t <sub>BC</sub> [min]	t <sub>AC</sub> [min]
1.	Pásová pila	Upnout; řezat L=134; kontrola rozměru	5	35
2.	Soustruh SV18 RA	Zarovnat čelo; navrtat středící důlek; soustružit Ø85x46, Ø56x35s přídavky na dokončení	3	20
3.		Upnout za Ø56; zarovnat čelo; navrtat středící důlek; soustružit Ø90x40, Ø50x20, Ø30g6x14 s přídavky na dokončení; vrtat Ø11x80, Ø19x53; soustružit Ø19x30, 30° s přídavkem na broušení, Ø21x23	5	60
4.		Upnout za Ø90; vrtat Ø21x60	2	10
5.		Podepřít hrotem; soustružit Ø66x47,5, Ø56x44; Ø36x25 s přídavkem pro R5	2	60
6.		Upnout mezi hroty; soustružit Ø56x35 s přídavkem na broušení, soustružit Ø53x11 s R4, Ø85x9 na čisto	10	20
7.		Otočit; soustružit Ø90x18,5, Ø50x6 na čisto, Ø30g6x14 s přídavkem na broušení	2	10
8.		Upnout za Ø56; soustružit Ø56x19, Ø66x3,5, Ø36x15 s R5 na čisto; soustružit 30°, zápich DIN509-F0,3x0,2	7	20
9.	Frézka Klopp UW3 CNC	Upnout do sklíčidla za Ø90; vrtat dle programu: 113304-01	14	7
10.		Upnout do přípravku; vrtat a frézovat dle programu: 113304-02	7	21
11.	Zámečnická dílna	Odjehlit, řezat závity M4, M5	5	25
12.	Bruska BHU25	Brousit Ø19, sedlo pro hrot	10	25
13.		Brousit, sedlo na Ø21	5	5
14.		Brousit Ø56, čelo Ø85	10	13
15.		Brousit Ø30g6, čelo Ø50	10	13
16.		Brousit 30°	12	10
17.		Plazmová nitridace		
18.	Zámečnická dílna	Kontrola kusu dle protokolu		15

## 4.5 Výrobní zařízení stávající technologie

### Soustruh hrotový SV18 RA/750 (obr. 4.2)

Vysoce přesný a výkonný stroj pro universální použití v kusové a malosériové výrobě, pro všechny druhy kovových i nekovových materiálů. Stroj vyniká velkým rozsahem stoupání metrických, whitworth, modulových a D. P. závitů jakožto i příčných a podélných posuvů. Ve spojení s výkonným 7,5kW motorem vyhovuje i těm nejnáročnějším soustružnickým operacím. [7]



Obr. 4.2 Hrotový soustruh SV18 RA/750

### Frézka konzolová Kloppe UW3 CNC (obr. 4.3)

Konzolová frézka řízená systémem Heidenhain TNC 355



Obr. 4.3 Konzolová frézka Kloppe UW3 CNC a její pracovní prostor

#### Bruska na kulato BHU25 (obr. 4.4)

Stroj je určen pro velmi přesné broušení válcových a kuželových ploch vnějších i vnitřních, zápichovým i podélným způsobem. Stroj se uplatní jak při výkonném broušení v sériové výrobě, tak i při výrobě kusové, kde lze využít jeho universálnost. [8]



Obr. 4.4 Bruska na kulato BHU25

#### 4.6 Použité nástroje stávající technologie výroby

Tab. 4.3 Použité nástroje stávající technologie výroby

Prováděná práce	výrobce	řezný mat.	VBD; nástroj	držák, upínání	planžeta
Vnější hrubování	SECO	CP 500	CNMG 120404-MF1	DCLNL2020M12	-
Vnitřní hrubování	Pramet	8030	CCMT 060204E-UM	S12K-SCFCR 06	-
Vnější zápichování	Pramet	8030	LFUX 040802TN	32-DU 2523	XLCFN 3203 M 4.00
Soustružení rádiusu	-	P30	Nůž zápichovací – upravený R5		-
Soustružení rádiusu	-	K10	Nůž zápichovací – upravený R4		-
Soustružení zápichu F	-	K10	Nůž levý ubírací - upravený		-
Navrtávání	Rübig	K20F-DCF	VHM-NC-navrtávák 41/26.11	Kleštinový upínač ER32	-
Vrtání	Reca	RO	HSS Vrták Ø11	Redukce Morse kužel, koník	-
Vrtání		RO	HSS Vrták Ø21-rovný	Redukce Morse kužel, koník	-
Vrtání		RO	HSS Vrták Ø18	Morse kužel	-
Vrtání	Reca	RO	HSS Vrták Ø6,1	Vrtací hlavička	-
Vrtání	Reca	RO	HSS Vrták Ø10	Vrtací hlavička	-
Vrtání	Reca	RO	HSS Vrták Ø4,2	Vrtací hlavička	-
Vrtání	Reca	RO	HSS Vrták Ø6,6	Vrtací hlavička	-
Vrtání	Reca	RO	HSS Vrták Ø3,3	Vrtací hlavička	-
Frézování drážek	Rübig	K30F-DCF	Fréza drážkovací monolitní Ø6 Z3	Kleštinový upínač ER32	-
Závitování	Reca	V-HSSCO	závitník jednořezný DIN 371C M5	Vratidlo stavitelné	-
Závitování	Reca	V-HSSCO	závitník jednořezný DIN 371C M4	Vratidlo stavitelné	-

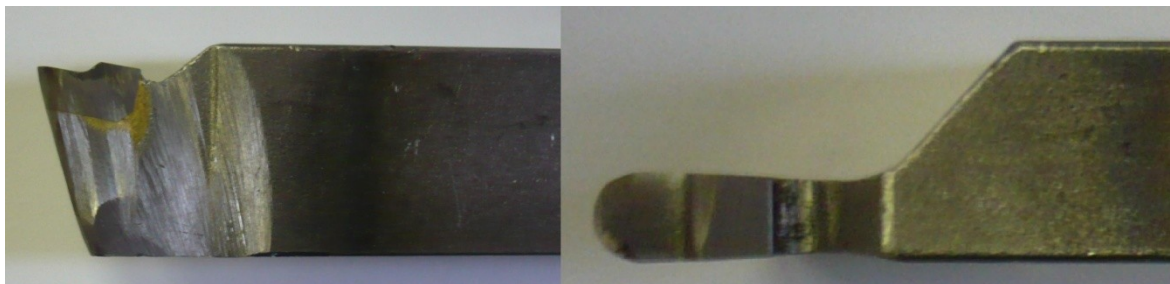


#### 4.6.1 Tvarové soustružnické nože a přípravky stávající technologie výroby

Nástroje ručně vybroušené ze zapichovacích nožů s pájenou břitovou destičkou (obr. 4.5 a 4.6). Slouží k soustružení rádiusových vybrání a dokončování vybrání s rádiusy.



Obr. 4.5 Tvarový soustružnický nůž R5



Obr. 4.6 Tvarový soustružnický nůž R4

Tvarový soustružnický nůž ručně vybroušený ze starého pravého ubíracího nože s pájenou břitovou destičkou (obr. 4.7), sloužící k zhotovení zápichu F0,3x0,2.



Obr. 4.7 Tvarový soustružnický nůž pro zápich F0,3x0,2

Vrták (obr. 4.8) z rychlořezné ocele s odřezanou špičkou a nabroušenou novou geometrií pro rovné dno vrtané díry Ø21.



Obr. 4.8 Vrták Ø21- rovný

Přípravek (obr. 4.9) sloužící pro souosé upnutí a následné vyvrtání montážních otvoru Ø10 a dalších závitových děr v druhé operaci vrtání na CNC frézce Klopp UW3 CNC. Nástrojová základna se na přípravek upevňuje čtyřmi šrouby M6. Přesná poloha je dána kolíkem Ø6,1 a ustavovací plochou.



Obr. 4.9 Přípravek pro vrtání na frézce Klopp UW3 CNC

#### 4.6.2 Řezné podmínky nástrojů stávající technologie výroby

Řezné podmínky byly stanoveny na základě zkušeností soustružníka. Nastavení posuvu  $f$  probíhá v závislosti na odchodu třísek z řezu a jejich utváření, jakosti povrchu a možnostech stroje. Nebylo jej tedy číselně vyjádřit a není tedy v tabulce 4.4 uveden.

Ve firmě vládne technologická neucelenost a výroba závisí ve velké míře na zkušenostech dělníků.

Tab. 4.4 Řezné podmínky stávající technologie výroby

Prováděná práce	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$a_p$ [mm]
Vnější hrubování	42-64	4
Vnitřní hrubování	13	1
Vnější zapichování	23-31	-
Soustružení rádiusů	25-32	1
Soustružení zápichu F	25-32	-
Navrtávání	32	-
Vrtání Ø11	12	-
Vrtání Ø18	25	-
Vrtání Ø21	29	-
Vrtání Ø3,3	12	-
Vrtání Ø4,2	14	-
Vrtání Ø6,1	21	-
Vrtání Ø6,6	22	-
Vrtání Ø10	27	-
Frézování	30	2

## 5. Navrhovaná technologie výroby nástrojové základny

### 5.1 Rozbor navrhované technologie výroby

Základní změna navrhované technologie výroby se liší od stávající technologie převedením soustružnických prací z klasického na CNC soustruh. Dále je vyloučena operace broušení z procesu obrábění a je nahrazena obráběním nástroji s definovanou geometrií.

Byly vybrány nové výkonné soustružnické a vrtací nástroje. Operace vrtání a frézování zůstává nadále, kromě volby nových nástrojů, na požadavek firmy nezměněna.

### 5.2 Výrobní postup navrhované technologie

Výrobní postup byl vypracován dle firemních zvyklostí.

Tab. 5.1 Výrobní postup navrhované technologie výroby

VÝROBNÍ POSTUP					Listů 1	List 1/1
Sestava Držák součásti (Werkstückaufnahme)			č. sestavy 113300-00		č. výkresu 113304-00	
Výrobek Nástrojová základny (Werkzeuggrundkörper)					Počet kusů 24	
poz.	ks	Hmotnost	Rozměr polotovaru	Materiál	ČSN	
2	1	7,03 kg	Ø 92 x 134	1.4112		

Číslo op.	Výrobní zařízení, pracoviště	Popis práce	t <sub>BC</sub> [min]	t <sub>AC</sub> [min]
1.	Pásová pila	Upnout; řezat L=134; kontrola rozměru	5	35
2.	Soustruh SMARTURN 120	Upnout; soustružit dle programu: BP-MC-113304_01	25	4,5
3.		Upnout do měkkých čelistí; soustružit dle programu: BP-MC-113304_02	3	19,5
4.	Frézka Klopp UW3 CNC	Upnout do měkkých čelistí sklíčidla za Ø90; vrtat a frézovat dle programu: BP-MC-113304-01	14	5
5.		Upnout do přípravku; vrtat dle programu: BP-MC-113304-02	7	14
6.	Zámečnická dílna	Odjehlit, řezat závity M4, M5	5	25
7.		Plazmová nitridace		
8.	Zámečnická dílna	Kontrola kusu dle protokolu		15

### 5.3 Výrobní zařízení navrhované technologie výroby

#### CNC soustruh MAS SMARTURN 120 (obr. 5.1)



Obr. 5.1 Výrobní stroj pro navrhovanou technologii výroby a jeho pracovní prostor

#### 5.3.1 Charakteristika stroje

- Robustní základ stroje a lože dávají stroji vysokou tuhost.
- Deformace mechanických částí stroje je verifikováno numerickými metodami výpočtu
- Vřetenová jednotka umožňuje velký obráběcí výkon.
- Synchronní vestavné vřetenové motory poskytují vysokou dynamiku funkcí vřetena
- Suporty lineárních os, těleso koníka pojíždí po valivém vedení a dávají stroji vysokou přesnost polohování a interpolovaného pohybu os.
- Tuhost tříosého provedení horního suportu zajišťuje řešení s virtuálním pohybem osy Y, který je složen interpolací reálných os X a Y' svírající úhel 30 stupňů.
- Programovatelný pohyb tělesa koníka redukuje jinak nutné zásahy obsluhy do obráběcího procesu.
- Absolutní odměřování lineárních os usnadňuje obsluhu stroje.
- Stroje splňují očekávání ve snadné obsluze včetně integrovaného dílenského programování. [9]

Tab. 5.2 Základní technické parametry stroje MAS SMARTURN 120 [9]

<b>Pracovní rozsah</b>		
Oběžný průměr nad ložem	mm	Ø160
Max. průměr soustružení	mm	Ø120
Max. délka soustružení	mm	340
<b>Vřeteno</b>		
Řemenový náhon	min <sup>-1</sup>	6000
<b>Nástrojová hlava</b>		
Počet poloh		12
Průměr otvoru	mm	30
Čas polohování	s	0,18
<b>Koník</b>		
Kužel dutiny		Mo 5
<b>Rozměry stroje</b>		
Délka x šířka x výška	mm	2560x1433x1820
Hmotnost	kg	4500

### 5.3.2 Řídicí systém stroje MAS SMARTURN 120

#### CNC PILOT 4290 (obr. 5.2)

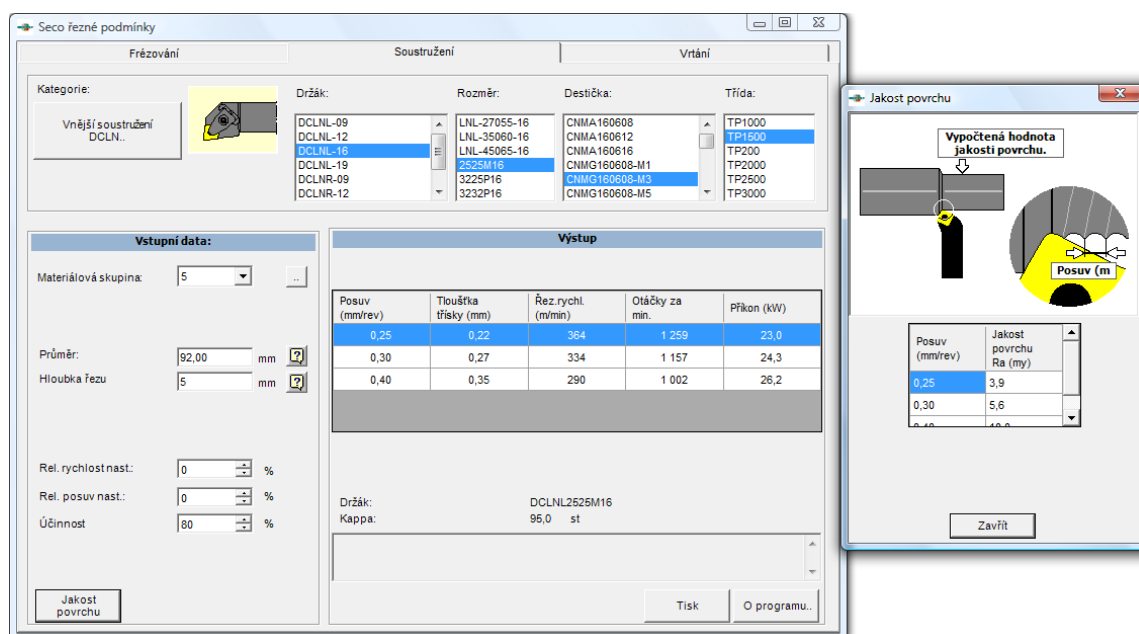
CNC PILOT je mnohostranný – je optimální volbou – bez ohledu na to, zda vyrábíte jednoduché rotační součásti, nebo složité dílce v sériové výrobě. Programování komplexních obráběcích center s více saněmi a vřeteny podporuje CNC PILOT například zvláštními čtyřsými cykly, synchronizačními příkazy a mnoha dalšími funkcemi. Vzhledem k tomu, že je k dispozici grafická simulace obráběných součástí se všemi pohyby nástroje, můžete vytvářený program rychle a efektivně zkontrolovat. Analýza synchronizačních bodů napomáhá k optimálnímu rozložení obráběcích operací na jednotlivé saně a vřetena. Tím zoptimalizujete NC programy pro sériovou výrobu nejkratším možným způsobem. [10]



Obr. 5.2 Řídicí systém CNC Pilot 4290

## 5.4 Výběr nástrojů navrhované technologie

Pro výběr nástrojů a břitových destiček byly použity katalogy společnosti SECO Tools AB společně s programem SECO Cut™. Tento program je jednoduchý systém návrhu řezných dat s grafickým výběrem nástroje. S jeho pomocí lze stanovit optimální řezné podmínky bez dalšího dopočítávání veličin, zvolit vhodnou třídu řezného materiálu a také vhodný utvařecí třísky pro požadovanou drsnost Ra. Jeho součástí je i rozsáhlá knihovna materiálů, které jsou rozřazeny do skupin podle obrobitelnosti. Prostředí programu SECO Cut™ je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obr. 5.3 Program SECO Cut™ [11]

Nástroje společnosti SECO Tools AB byly vybrány na základě velmi dobrých zkušeností. Nástroje jsou v praxi ověřeny v mnoha oblastech obrábění a vždy zcela vyhovují potřebám obrábění. Volba nových nástrojů tedy padla právě na nástroje této značky.



## 5.5 Použité nástroje navrhované technologie

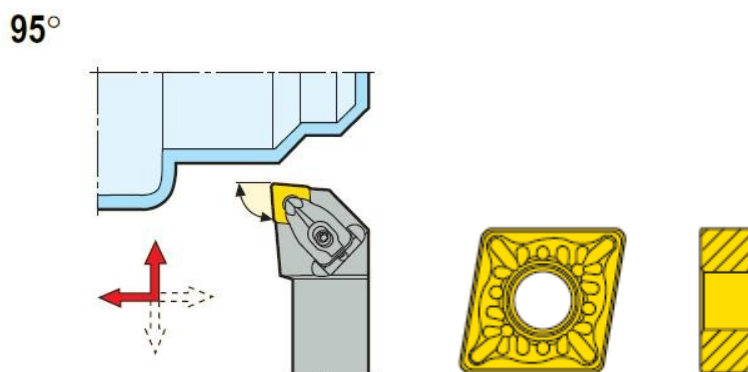
Tab. 5.3 Použité nástroje navrhované technologie výroby [12,13]

č.n.	Prováděná práce	výrobce	řezný mat.	VBD; nástroj	držák, upínání
T1	Vnější hrubování	SECO	TP1500	CNMM 160612-R7	DCLNL 2525M16
T2	Vnější dokončování	SECO	TP3000	CNMG 160612-MF3	DCLNL 2525M16
T3	Vnitřní dokončování	SECO	TP2500	CCMT 060204-FF1	A10L-SCFCL06
T4	Vnější zapichování	SECO	CP500	LCMF 160402-0400-FT	CFML 2525M04
T5	Soustružení vybrání R	SECO	TP2000	RCMT 0803M0-F2	SRDCN 2525M08
T6	Soustružení zápichu F	SECO	TP2500	DCMT 11T302-FF1	SDHCL 2525M11
T7	Vrtání	SECO	-	SD207A-11.0-72-12R1	
T8	Vrtání	SECO	T1000D T400D	SCGX 060204-P2 SPGX 0602-C1	SD505-21-105-25RS, WELDON
T9	Vrtání	SECO	T1000D T400D	SCGX 050204-P2 SPGX 0602-C1	SD504-18-72-50R2, WELDON
	Vrtání	SECO	-	SD205A-3.30-21-6R1-M	
	Navrtávání	Rübig	K20F-DCF	NC-navrtávák Ø10 41/26.11	
	Vrtání	SECO	-	SD205A-4.2-27-6R5	
	Vrtání	SECO	-	SD205A-6.1-32-6R5	
	Vrtání	SECO	-	SD205A-6.6-35-8R5	
	Vrtání	SECO	-	SD205A-10.0-48-10R5	
	Frézování	Rübig	K30F-DCF	Fréza drážkovací Ø6 42/28.21	Kleštinový upínač ER32
	Závitování	Reca	V-HSSCO	závitník jednořezný DIN 371C M5	Vratidlo stavitelné
	Závitování	Reca	V-HSSCO	závitník jednořezný DIN 371C M4	Vratidlo stavitelné

### 5.5.1 Vnější hrubování a dokončování (T1 + T2)

Pro vnější hrubování a dokončování byl vybrán držák DCLNL 2525M16 spolu s VBD CNMM 160612-R7 pro hrubování a CNMG 160612-MF3 pro dokončování.

Hrubovací destička byla vybrána s ohledem na svůj utvařec třisky R7, což je silný, ale snadno řezající utvařec třisky pro jednostranné břitové destičky. Který spolu s řezným materiálem třídy společnosti SECO značeným jako TP1500 tvoří kombinaci vhodnou pro vysoké teploty, dlouhou životnost a použití vysokých řezných rychlostí. Má vysokou odolnost proti opotřebení, houževnatost a vykazuje zlepšenou životnost a spolehlivost. [12] Oblast použití nástroje a utvařec třisky jsou vyobrazeny na následujícím obrázku.



Obr. 5.4 Nástroj DCLNL 2525M16 a utvařec třisky R7



Dokončovací destička byla vybrána s ohledem na rádius špičky, který dovoluje dosáhnout požadovanou drsnost Ra a utvařec třísky MF3 (obr. 5.5). Utvařec třísek s pozitivním řezným úhlem čela určený pro středně obtížné obrábění nerezových ocelí. Řezný materiál VBD třídy TP3000 je určena k aplikacím u kterých je prvořadý požadavek na houževnatost a spolehlivost břitové destičky při obrábění ocelí a nerezových ocelí. [12]

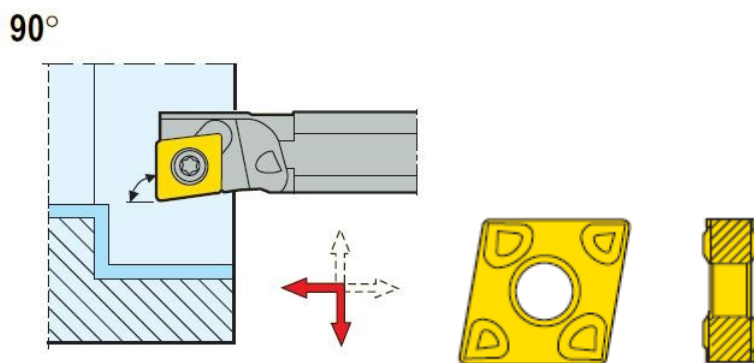


Obr. 5.5 Utvařec třísky MF3

### 5.5.2 Vnitřní dokončování (T3)

Pro vnitřní dokončování byl vybrán držák A10L-SCFCL06 spolu s VBD CCMT 060204-FF1.

FF1 je utvařec třísky pro negativní destičky, sloužící k dosažení velmi kvalitního povrchu při soustružení oceli a nerezové oceli, v kombinaci s třídou řezného materiálu TP2500 poskytuje vynikající výsledky v široké řadě soustružnických aplikací. Poskytuje také výborné výsledky při vyšších řezných podmínkách. Vyznačuje se dobrými vlastnostmi při obrábění s chlazením nebo bez chlazení a velkou pevností řezné hrany. [12]. Oblast použití nástroje a utvařec třísky jsou vyobrazeny na následujícím obrázku.

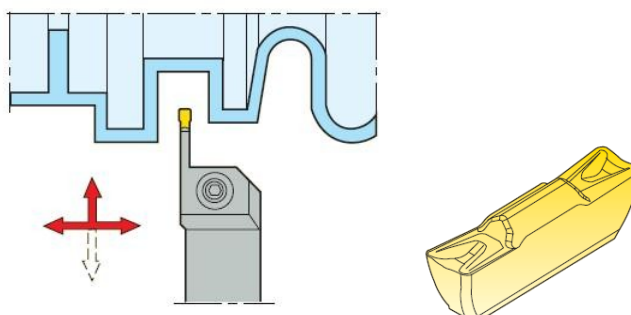


Obr. 5.6 Nástroj A10L-SCFCL06 a utvařec třísky FF1

### 5.5.3 Vnější zapichování (T4)

Pro vnější zapichování byl vybrán držák CFML 2525M04 spolu s VBD LCMF 160402-0400-FT.

FT je utvařec pro zapichovací nože. Pro soustružení na čisto a soustružení hlubokých zápichů. Velmi houževnatá mikrostruktura materiálu třídy CP500 určená pro obrábění na čisto a střední hrubování nerezových ocelí mu dodává pevnost i pro přerušovaný řez. [12] Oblast použití nástroje a utvařec třísky jsou vyobrazeny na následujícím obrázku.

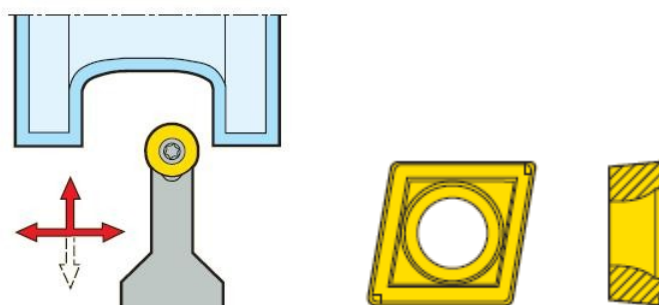


Obr. 5.7 Nástroj CFML 2525M04 a utvařec třísky FT

### 5.5.4 Soustružení vybrání s rádiusem R5 a R4 (T5)

Pro soustružení vybrání byl vybrán držák SRDCN 2525M08 spolu s VBD RCMT 0803M0-F2.

Utvařec třísky pro pozitivní destičky F2 zabezpečuje bezpečný odchod třísek při obrábění na čisto a středním obrábění u ocelí a nerezových ocelí. Třída řezného materiálu TP2000 je houževnatá a její vysoká pevnost umožňuje nasazení při nepříznivých řezných podmínkách a vysoké řezné rychlosti. [12] Oblast použití nástroje a utvařec třísky jsou vyobrazeny na následujícím obrázku.

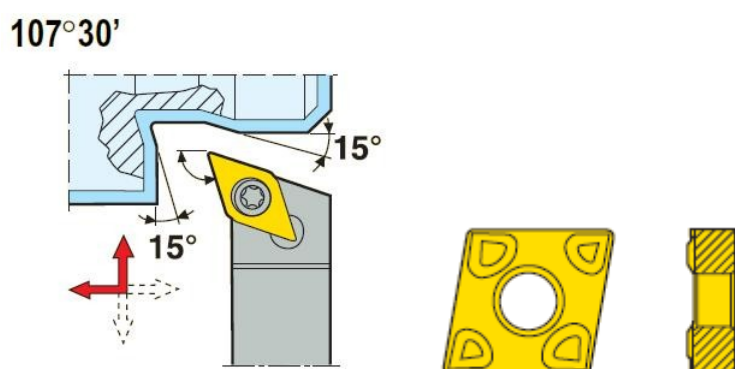


Obr. 5.8 Nástroj SRDCN 2525M08 a utvařec třísky F2

### 5.5.5 Soustružení zápichu F (T6)

Pro soustružení vybrání byl vybrán držák SDHCL 2525M11 spolu s VBD DCMT 11T302-FF1.

FF1 je utvařec třísly pro negativní destičky, sloužící k dosažení velmi kvalitního povrchu při soustružení oceli a nerezové oceli s třídou řezného materiálu TP2500 poskytuje vynikající výsledky v široké řadě soustružnických aplikací. Poskytuje také výborné výsledky při vyšších řezných podmínkách. Vyznačuje se dobrými vlastnostmi při obrábění s chlazením nebo bez chlazení a velkou pevností řezné hrany. [12] Oblast použití nástroje a utvařec třísly jsou vyobrazeny na následujícím obrázku.

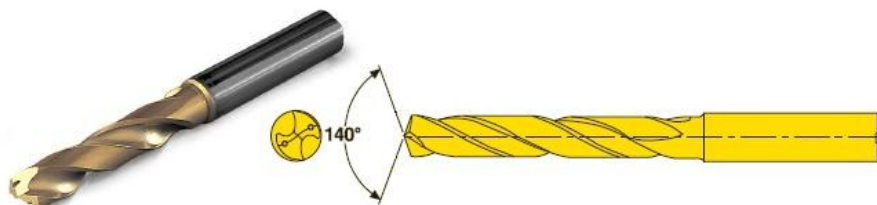


Obr. 5.9 Nástroj SDHCL 2525M11 a utvařec třísly FF1

### 5.5.6 Vrtání (T7 + nástroje pro CNC frézku UW3)

Pro vrtání menších otvorů byly zvoleny vrtáky SECO Feedmax™. Pro Ø11 byl volen vrták SD207A-11.0-72-12R1. Pro zbylé průměry vrtáky řady SD205A.

SECO Feedmax™ (obr. 5.10) je nejnovější generace monolitních karbidových vrtáků s vysokým výkonem. Poskytují unikátní kombinaci nejnovější technologie povlakování, geometrie a karbidu. Mají vysokou životnost a produktivitu. [13]

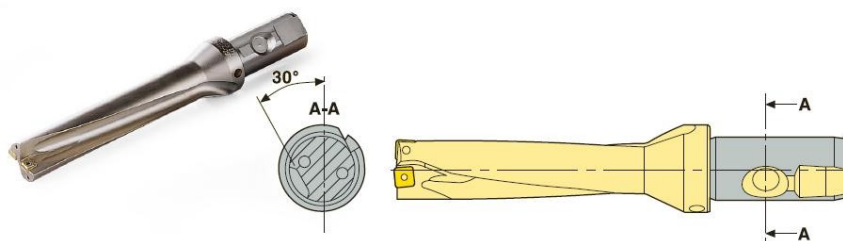


Obr. 5.10 Vrták SECO Feedmax™

### 5.5.7 Vrtání (T8 + T9)

Pro vrtání byly zvoleny vrtáky SECO Perfomax™ (obr. 5.11) SD505-21-105-25RS, pro díru Ø21, a SD504-18-72-50R2, pro díru Ø18. Vrtáky se liší pouze délkou.

Vysoká tuhost tělesa vrtáku, povlak na tělese vrtáku snižující tření, optimalizované řešení drážky pro odvod třísek a silné destičky poskytují vynikající produktivitu. Nástroj umožňuje obrábět s vysokým posuvem a řeznou rychlostí. Středové břitové destičky SPGX 0602-C1 (obr. 5.12) z řezného materiálu třídy TP400D jsou houževnaté a poskytují maximální bezpečnost aplikace. Obvodové břitové destičky SCGX 060204-P2 a SCGX 050204-P2 (obr. 5.12) z řezného materiálu třídy T1000D jsou určeny pro vysokorychlostní obrábění při stabilních podmínkách, kde je kladen důraz na vysokou otěruvzdornost. [13]



Obr. 5.11 Vrták SECO Perfomax™



Obr. 5.12 Obvodová a středová VBD

## 5.6 Řezné podmínky navrhované technologie výroby

Řezné podmínky v následující tabulce byly převzaty z programu SECO Cut™ a nebyly nijak optimalizovány.

Tab. 5.4 Řezné podmínky navrhované technologie výroby [11]

Prováděná práce	f [mm]	v <sub>c</sub> [mm]	a <sub>p</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]
Vnější hrubování	0,7	222	5
Vnější dokončování	0,15	245	1
Vnitřní dokončování	0,07	511	1
Vnější zapichování	0,2	125	-
Soustružení vybrání R	0,4	282	2,2
Soustružení zápichu F	0,1	488	-
Vrtání Ø11	0,22	130	-
Vrtání Ø18	0,08	240	-
Vrtání Ø21	0,08	200	-
Vrtání Ø3,3	0,12	55	-
Vrtání Ø4,2	0,14	69	-
Vrtání Ø6,1	0,17	100	-
Vrtání Ø6,6	0,17	108	-
Vrtání Ø10	0,28	130	-
Frézování drážky	0,04	90	-

## 5.7 Vypracování řídicího programu

Práce technologa-programátora při ručním sestavování řídicího programu pro CNC stroj se skládá z následujících činností:

1. Určit pracovní postup obrábění a z něho plynoucí počet a sled nástrojů a jejich umístění v revolverové nástrojové hlavě.
2. Určit nástroje a jejich seřizovací konstanty.
3. Určit optimální řezné podmínky.
4. Určit způsob upínání obrobku.
5. Sestavit hrubovací cykly pro zvolené nástroje.
6. Sestavit dokončovací cykly s ohledem na požadovanou drsnost a toleranci.  
Nezapomenout nechat přídavky na dobroušení apod.
7. Určit místa pro ruční nebo automatickou výměnu nástrojů (bod výměny nástroje).
8. Provést kontrolu možných kolizí nástrojů s obrobkem, upínačem nebo jinými částmi NC stroje při najíždění k obrobku, výměně nástroje nebo otáčení revolverové hlavy. Využít graficko-simulační možnosti programovacího systému už v průběhu přípravy NC programu.
9. Ověřit řídicí program na obráběcím stroji. [14]

Zhotovený program se ověřuje na stroji za přítomnosti programátora a obsluhy stroje. Spolu s programem se ověřuje vhodnost nástrojů, řezné podmínky a upnutí obrobku. Po ověření a opravách programátor zhotoví konečné provedení originálu řídicího programu a zajistí archivaci. Při opakované výrobě je možnost jednou vypracovaný program a uložený na některém nositeli informací kdykoliv využít. Je ovšem nutno dávat pozor na změny ve výkresové dokumentaci a ty promítat do NC programu. Obsluha stroje má možnost technologické podmínky – otáčky a posuv bez zásahu do programu ovlivnit. K tomuto účelu jsou na stroji ovládací prvky, pomocí kterých lze procentuálně od základního nastavení v programu měnit velikosti otáček a posuvů směrem k vyšším nebo nižším hodnotám (v určitém rozsahu). Na kvalitě programu závisí mimo jiné i kvalita obrobené součásti, výrobnost NC obráběcích strojů, a tím lze zajistit jejich plné časové využití a amortizaci vynaložených vysokých investičních nákladů na jejich pořízení. [14]

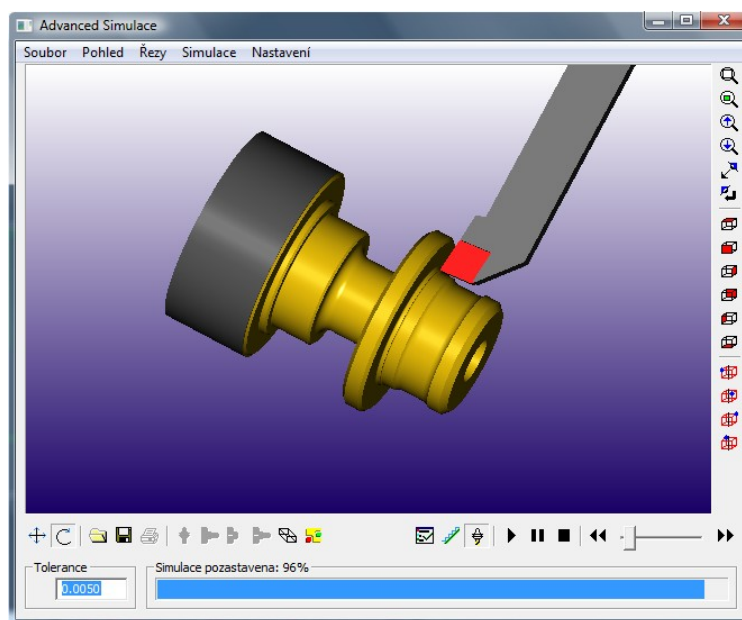
## Programování pomocí systému AlphaCAM

K dispozici byl CAD/CAM programovací systém AlphaCAM umožňující už v průběhu přípravy NC programu odhalit zdroje možných kolizí v pracovním procesu a předejít tak škodám způsobených havárií.

Za kolizi je považován stav, při kterém může dojít k poškození nástroje, držáku nástroje, obrobku, nebo některé části stroje nebo k nechtěnému přerušení výroby. Příčinami vzniku kolize bývá nejčastěji chyba v NC programu – vynechání příkazu v NC větě, naprogramování nesprávné hodnoty souřadnice, opomenutí překážky při přejezdech nástrojů do nových poloh nebo chybně naprogramovaný technologický parametr, jako např. pracovní posuv, rychloposuv, řezná rychlost apod. [14]

## Využití simulace programu AlphaCAM

Pokročilá Solid simulace (obr. 5.13) umožňuje nakonfigurovat požadavky na zobrazení například až po realizaci řezů v prostoru apod. Simulaci samotnou je možné provést po načtení NC kódu a po definici polotovaru. Polotovaz přitom může být zkonstruován v CAD části nebo v případě složitěho odlitku importován jako objemové těleso. Z polotovaru je v průběhu simulace materiál odebírán. Simulace je prováděna v jednotlivých krocích nebo kontinuálně. [15]



Obr. 5.13 Simulace programu AlphaCAM

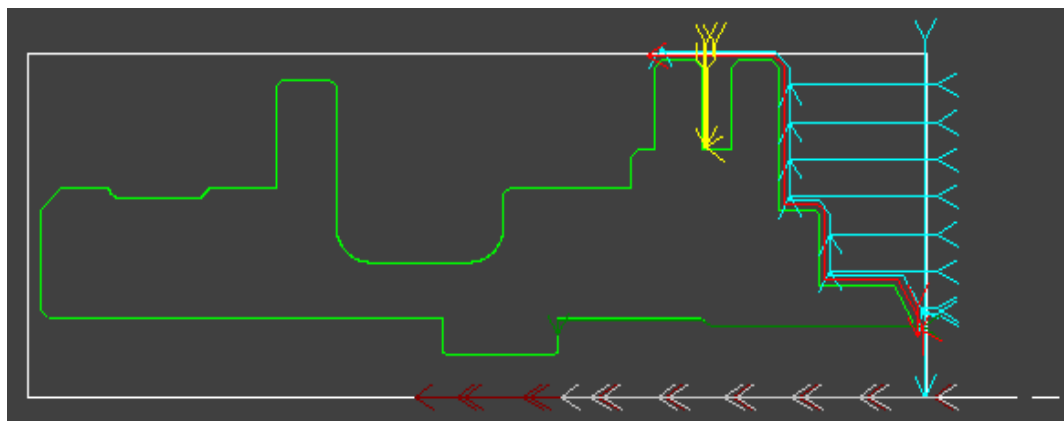
## 5.8 Průběh obrábění

Operace obrábění jednotlivými nástroji, tak jak je uvedeno níže, koresponduje s CNC řídicími programy, které jsou zařazeny v příloze.

Šipky s čarami znázorňují dráhy nástrojů. Bílá čára značí polotovar, zelená obrobek.

### Obrábění programem BP-MC-113304\_01

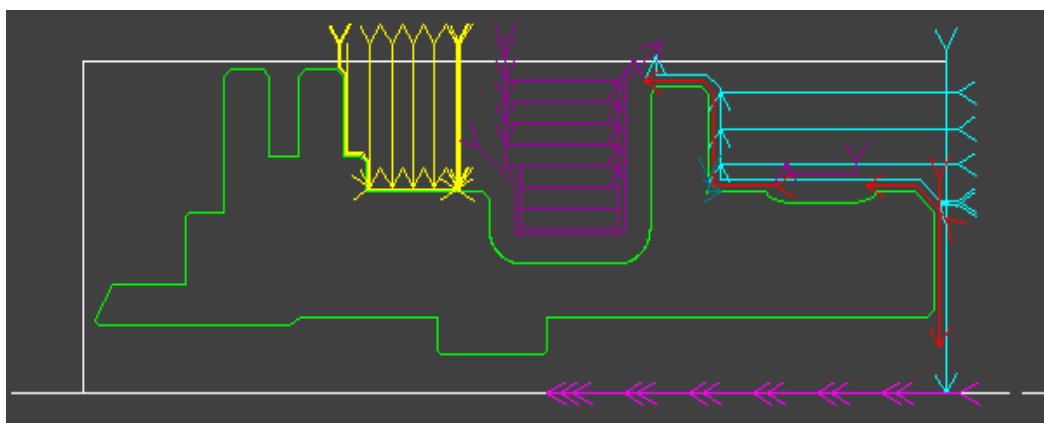
**T1** čelní a podélné hrubování, **T7** vrtání, **T9** vrtání, **T3** vnitřní dokončovací soustružení, **T2** čelní a podélné dokončení, **T4** zapichování



Obr. 5.14 Vyobrazení obrábění NC programem BP-MC-113304\_01

### Obrábění programem BP-MC-113304\_02

**T1** čelní a podélné hrubování, **T8** vrtání, **T4** zapichování, **T5** hrubování a dokončení vybrání, **T2** čelní a podélné dokončení, **T6** zápich F0,3x0,2



Obr. 5.15 Vyobrazení obrábění NC programem BP-MC-113304\_02



## **6. Technicko–ekonomické porovnání stávající a navržené technologie**

### **6.1 Ekonomické uplatnění NC strojů ve výrobě**

Využití číslicově řízených strojů ve srovnání se stroji konvenčními se mohou projevit jak u vlastního podniku, tak i mimo něj. [16]

Mezi nejdůležitější účinky lze přitom zahrnout:

- Rychlou přizpůsobivost NC strojů při přechodu na jiný obrobek s možností slučování operací na jedno upnutí obrobku,
- přesné kapacitní plánování, které umožňuje vyšší využití směnového časového fondu,
- plynulé odvádění obrobku, přičemž je dodržena jejich stálá jakost tím, že ji neovlivňuje obsluha (kolísání výkonu apod.)
- možnost uplatnění vyšších forem řízení samočinným počítačem,
- zkrácení průběžné doby výroby a zmenšení rozpracované výroby,
- možnost použití uschovaného řídicího programu při opakované výrobě,
- zmenšení strojních časů použitím optimálních řezných podmínek,
- výrazné zvýšení produktivity práce při obvykle nižších požadavcích na kvalitu obsluhy,
- úspory na modelech a přípravcích,
- úspory kvalifikovaných pracovníků,
- možnost výroby složitých výrobků a jejich většího sortimentu,
- výrazné zkrácení doby pro zavádění nových výrobků. [16]

## 6.2 Oblast porovnávání

Porovnány jsou jen operace, u kterých nastala změna v technologickém postupu. Jsou tedy vynechány operace řezání, nitridace a průchod zámečnickou dílnou.

## 6.3 Stanovení spotřeby časů

### Jednicový čas $t_{AC}$

Tento čas byl získán měřením stopkami přímo při výrobě součásti v případě staré technologie. V případě nové technologie je tento čas získán z řídicího programu stroje vypracovaném v CAD/CAM programu AlphaCAM a ověřen ve výrobě.

### Dávkový čas $t_{BC}$

Určuje čas určený pro přípravu výroby. Je stanoven měřením stopkami přímo při přípravě na výrobu součásti.

### Cenové sazby firmy LK Kukol

Cenové sazby strojů a hodnoty potřebné pro výpočty jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. 6.2 Tabulka shrnující jednicový čas, dávkový čas a hodinové sazby

stroj	operace	hodinová sazba stroje $N_{SH}$ [Kč]	stávající technologie		navrhovaná technologie	
			$t_{AC}$ [min]	$t_{BC}$ [min]	$t_{AC}$ [min]	$t_{BC}$ [min]
soustruh SV18 RA/750	2. - 8.	850	31	200	-	-
CNC frézka Kloppe UW3	9. + 10.	1000	21	28		
Bruska na kulato BHU25	12. - 16.	700	47	66	-	-
CNC soustruh MASTURN 120	2. + 3.	1500	-	-	28	24
CNC frézka Kloppe UW3	4. + 5.	1000	-	-	21	19

## 6.4 Spotřeba času a náklady na výrobu jednoho kusu

### Spotřeba času

$$t_{VK} = \frac{t_{BC}}{DV} + t_{AC} \quad [\text{min}] \quad (1)$$

$t_{VK}$  ..... spotřeba času na výrobu jednoho kusu

$t_{BC}$  ..... dávkový čas

$t_{AC}$  ..... jednicový čas

#### Stávající technologie výroby:

Soustruh SV18 RA/750

$$t_{VK(S)} = \frac{31}{24} + 200 \cong 201 \text{ min}$$

CNC frézka Kloppe UW3

$$t_{VK(F)} = \frac{21}{24} + 28 \cong 29 \text{ min}$$

Bruska na kulato BHU25

$$t_{VK(B)} = \frac{47}{24} + 66 \cong 68 \text{ min}$$

#### Součet spotřeby času:

$$t_{VK(N)} = t_{VK(S)} + t_{VK(F)} + t_{VK(B)} = \underline{298 \text{ min}}$$

$t_{VK(ST)}$  ..... spotřeba času výroby starou  
technologí

#### Navrhovaná technologie výroby:

CNC soustruh MASTURN 120

$$t_{VK(CNCS)} = \frac{28}{24} + 24 \cong 25 \text{ min}$$

CNC frézka Kloppe UW3

$$t_{VK(F)} = \frac{21}{24} + 19 \cong 20 \text{ mi}$$

#### Součet spotřeby času:

$$t_{VK(N)} = t_{VK(CNCS)} + t_{VK(F)} = \underline{45 \text{ min}}$$

## Výrobní náklady

$$N_T = t_{VK} \cdot \frac{N_{SH}}{60} \quad [\text{Kč}] \quad (2)$$

$N_T$  ..... náklady na výrobu jednoho kusu

$N_{SH}$  ..... hodinová sazba stroje

Výrobní náklady byly počítány dle firemních zvyklostí.

### Stávající technologie výroby:

soustruh SV18 RA/750

$$N_{T(S)} = 201 \cdot \frac{850}{60} \cong 2\,848 \text{ Kč}$$

CNC frézka Kloppe UW3

$$N_{T(F)} = 29 \cdot \frac{1000}{60} \cong 483 \text{ Kč}$$

Bruska na kulato BHU25

$$N_{T(B)} = 68 \cdot \frac{700}{60} \cong 793 \text{ Kč}$$

Součet nákladů:

$$N_{T(ST)} = N_{T(S)} + N_{T(F)} + N_{T(B)} = \underline{4124 \text{ Kč}}$$

$N_{T(ST)}$  ..... náklady na výrobu starou  
technologií

### Navrhovaná technologie výroby:

CNC soustruh MASTURN 120

$$N_{T(CNCS)} = 25 \cdot \frac{1500}{60} = 625 \text{ Kč}$$

CNC frézka Kloppe UW3

$$N_{T(F)} = 20 \cdot \frac{1000}{60} \cong 333 \text{ Kč}$$

Součet nákladů:

$$N_{T(N)} = N_{T(CNCS)} + N_{T(F)} = \underline{958 \text{ Kč}}$$

$N_{T(N)}$  ..... náklady na výrobu novou  
technologií

## Úspora spotřeby času

$$U_{VK} = t_{VK(ST)} - t_{VK(N)} \quad [\text{min}] \quad (3)$$

$U_{VK}$  ..... úspora spotřeby času k výrobě jednoho kusu

$$U_{VK} = 298 - 45 = \underline{254 \text{ min}}$$

Úspora času na výrobu jednoho kusu je **254 min.**

## Úspora výrobních nákladů

$$U_N = N_{T(ST)} - N_{T(N)} \quad [\text{Kč}] \quad (4)$$

$U_N$  ..... úspora nákladů k výrobě jednoho kusu

$$U_N = 4121 - 958 = \underline{3166 \text{ Kč}}$$

Úspora nákladů na výrobu jednoho kusu je **3166 Kč.**

## 6.5 Spotřeba času a náklady na výrobu jedné výrobní dávky

### Spotřeba času

$$t_{VD} = t_{VK} \cdot DV \quad [\text{min}] \quad (5)$$

$t_{VD}$  ..... spotřeba času na výrobu jedné výrobní dávky

#### Stávající technologie výroby:

$$t_{VD(ST)} = 298 \cdot 24 \cong 7152 \text{ min}$$

$t_{VD(ST)}$  ..... spotřeba času na výrobu jedné  
výrobní dávky starou technologií

#### Nová technologie výroby:

$$t_{VD(N)} = 45 \cdot 24 \cong 1080 \text{ min}$$

$t_{VD(N)}$  ..... spotřeba času na výrobu jedné  
výrobní dávky starou technologií

### Výrobní náklady

$$N_{VD} = N_T \cdot DV \quad [\text{Kč}] \quad (6)$$

$N_{VD}$  ..... náklady na výrobu jedné výrobní dávky

#### Stávající technologie výroby:

$$N_{VD(ST)} = 4124 \cdot 24 = 98\,976 \text{ Kč}$$

$t_{VD(ST)}$  ..... spotřeba času na výrobu jedné  
výrobní dávky starou technologií

#### Nová technologie výroby:

$$N_{VD(N)} = 958 \cdot 24 = 22\,992 \text{ Kč}$$

$t_{VD(N)}$  ..... spotřeba času na výrobu jedné  
výrobní dávky novou technologií

### Úspora spotřeby času

$$U_{VD} = t_{VD(ST)} - t_{VD(N)} \quad [\text{min}] \quad (7)$$

$U_{VD}$  ..... úspora spotřeby času na výrobu jedné výrobní dávky

$$U_{VD} = 7152 - 1080 = \underline{6\,072 \text{ min}}$$

Úspora času na výrobu jedné výrobní dávky je **6 072 min**.

### Úspora výrobních nákladů

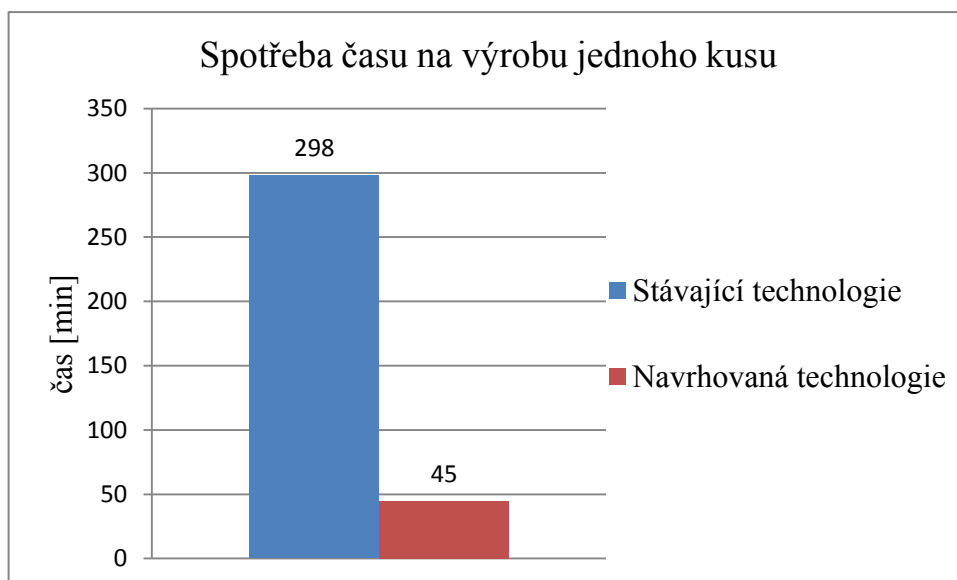
$$U_{NVD} = N_{VD(ST)} - N_{VD(N)} \quad (8)$$

$U_{NVD}$  ..... úspora nákladů k výrobě jednoho kusu

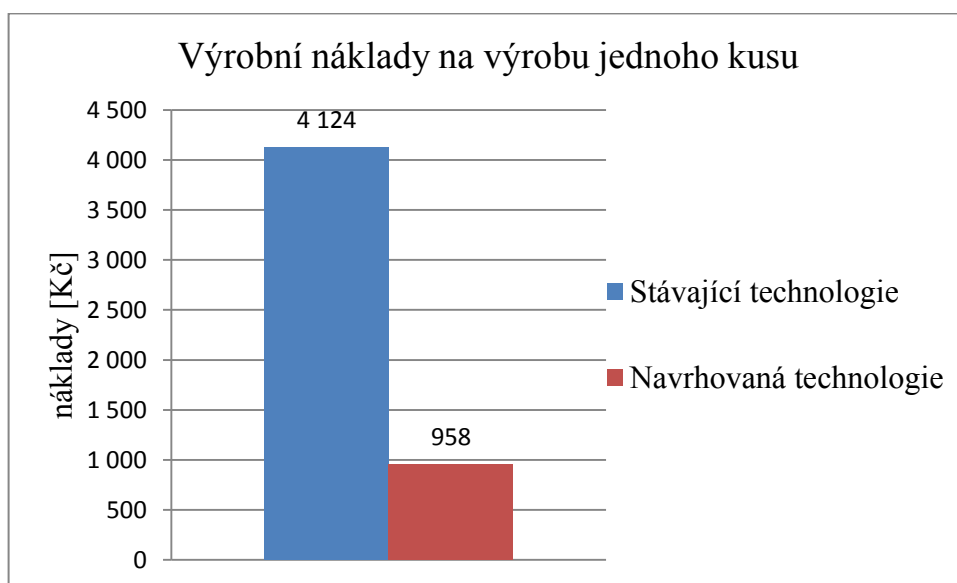
$$U_{NVD} = 98\,976 - 22\,992 = \underline{75\,984 \text{ Kč}}$$

Úspora nákladů na výrobu jedné výrobní dávky je **75 984 Kč**.

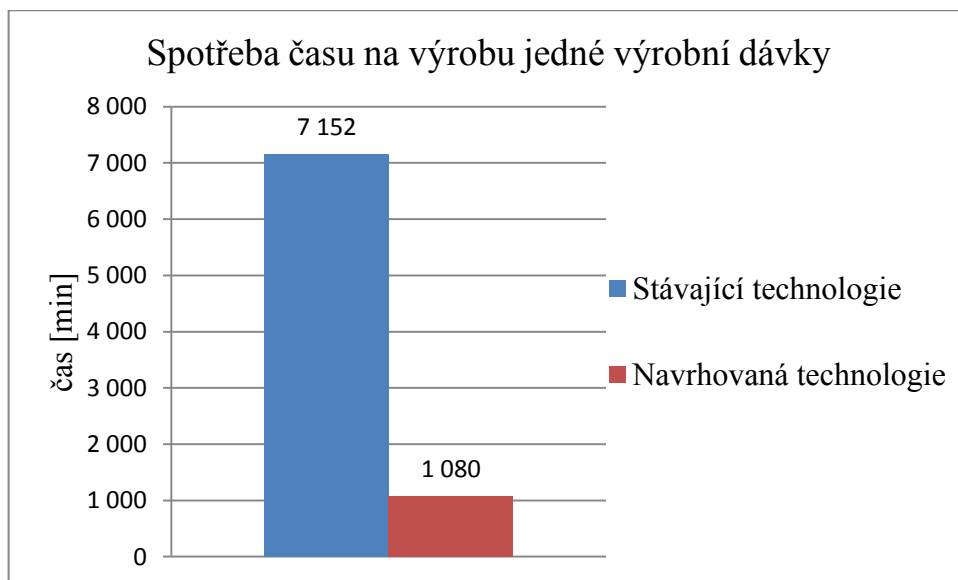
## 6.6 Grafické porovnání stávající a navržené technologie obrábění



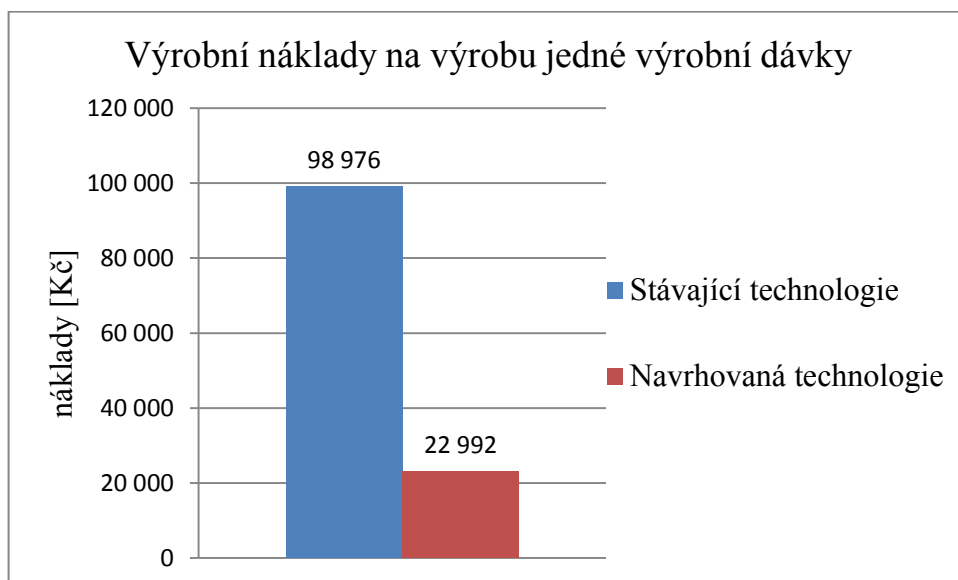
Graf 6.1 Porovnání spotřeby času k výrobě jednoho kusu



Graf 6.2 Porovnání výrobních nákladů na výrobu jednoho kusu



Graf 6.3 Porovnání spotřeby času k výrobě jedné výrobní dávky



Graf 6.4 Porovnání výrobních nákladů na výrobu jedné výrobní dávky

## 7. Závěr

Bakalářská práce je zaměřena na vylepšení technologie obrábění součástí – nástrojové základny. Stávající výroba je nastavena na provedení operací soustružení, vrtání, frézování a broušení konvenčními obráběcími stroji. Stávající způsob výroby je časově velmi náročný a tím i nákladný. Konvenční technologií nelze dostatečně zajistit požadovanou přesnost v kombinaci s krátkou výrobní dobou.

Navrhovaná technologie obrábění vychází ze stávající technologie. Převádí však soustružnické operace z konvenčního na NC programem řízený stroj. Jeho užitím se naskýtají nové možnosti obrábění. Díky vývoji výkonných obráběcích nástrojů bylo možno upustit od operace broušení, zvýšit řezné rychlosti, u stěžejních operací až o 881%, a také zvýšit posuvy. Soustruh MAS SMARTURN 120, který byl použit pro výrobu, je dostatečně výkonný a vhodný i pro výrobu dalších součástí, kterými se firma zabývá. Podle navrhované technologie se obrábí nařezaný polotovár na dvě upnutí. U navrhované technologie ubylo oproti stávající mnoho manuální práce, což má příznivý vliv na kolísání výkonu práce. Soustruh MAS SMARTURN 120 je opatřen řídicím systémem Heidenhain CNC PILOT 4290. Z důvodu dostupnosti byl k vypracování NC programu použit program AlphaCAM s možností vygenerování NC programu pomocí postprocesoru. Řídicí systém však umožňuje jednoduché programování v „dialogu“. Není tedy problém zaškolit obsluhu a programovat jednoduché součásti přímo v řídicím systému stroje.

Technicko – ekonomické porovnání je zaměřeno na obráběcí operace u kterých došlo ke změnám oproti stávající výrobě. Výsledkem porovnání je snížení výrobních časů o 662% a snížení výrobních nákladů o 430%. Výsledky předčily veškerá očekávání. Doposud však nebyla provedena optimalizace řezných podmínek a drah, což může znamenat další snížení výrobních časů a tím i nákladů. Možná je i varianta úplného upuštění od stávající technologie. Vyrábět celou součást na CNC soustružnickém obráběcím centru, upustit od vrtání a frézování na CNC frézce Kloppe UW3, a snížit tak zásah obsluhy na minimum. Navrhovaná technologie výroby je z technického i ekonomického hlediska vhodná k nahrazení technologie výroby stávající.

Děkuji Ing. Markovi Sadílkovi, Ph.D., z katedry obrábění a montáže VŠB – TU Ostrava za cenné a podnětné rady a připomínky při vypracovávání bakalářské práce.



## Seznam použité literatury

- [1] HUMÁR, A. *Technologie I, Technologie obrábění I. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno 2003, VUT Brno. 138 s.
- [2] BRYCHTA, J. *Výrobní stroje obráběcí*. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2003. 150 s. ISBN 80-248-0237-6
- [3] KOŽMÍN, P. *Kdy nasadit NC technologie a CAM řešení*. Příspěvek na semináři pořádaný na KTO s firmou Expert&Partner. Plzeň, ZČU únor 2001.
- [4] JANÍČEK, L. *Ekonomická prospěšnost nasazení CA-technologií*. MM průmyslové spektrum, č.3 – březen 2000, str. 12 - 13
- [5] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I - II. doplněné vydání*. Ostrava: ES VŠB - TU Ostrava, 2010. 143 s. ISBN 978-80-248-2278-5
- [6] Poldi [online]. 2007 [cit. 2011-05-13]. Korozivzdorná ocel. Dostupné z WWW: <<http://www.poldi.cz/martenziticke/>>.
- [7] Tumlikovo [online]. 15. 8. 2010 [cit. 2011-05-13]. Soustruhy. Dostupné z WWW: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/stroje-2/soustruh/sv18/>>.
- [8] Opravy brusek [online]. 2009 [cit. 2011-04-17]. Stroje. Dostupné z WWW: <<http://www.opravybrusek.cz/stroje/BHU25/>>.
- [9] Kovosvit MAS, a.s. [online]. [cit. 2011-03-15] Dostupné z WWW: <<http://www.kovosvit.cz/>>.
- [10] Heidenhain [online]. 2009 [cit. 2011-04-18]. Přehled prospektů. Dostupné z WWW: <[http://www.heidenhain.cz/fileadmin/pdb/media/img/373\\_066-C1.pdf](http://www.heidenhain.cz/fileadmin/pdb/media/img/373_066-C1.pdf)>.
- [11] SECO Tools [online]. 2011 [cit. 2011-02-14]. SECO Cut. Dostupné z WWW: <<http://www.secotools.com/cs/Global/Services--Support/Tool-Selection-Support/Minimaster-Guide/>>.

- [12] SECO Tools AB. Soustružení – Katalog a technický průvodce. Karlstad 2008. 444 s.
- [13] SECO Tools AB. Obrábění otvorů – Katalog a technický průvodce. Karlstad 2008. 357 s.
- [14] ADAMEC, J.; SMOLKOVÁ, H. *Příklady programů pro číslicově řízené obráběcí stroje*. 1.vyd. Ostrava: : ES VŠB – TU, 2004, 72 s. ISBN 80-248-0250-3.
- [15] ČAPEK, J. *Bezpečné obrábění s AlphaCAM + AlphaCUT*. MM Průmyslové spektrum [online]. 6. 2. 2008, 1, [cit. 2011-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecne-obrabeni-s-alphacam-alphacut>>.
- [16] VLACH, Bohumil. *Technologie obrábění na číslicově řízených strojích*. Praha: SNTL, 1978. Bratislava: ALFA, 1978. 344 s.

## **Seznam příloh**

Příloha A – Výrobní výkres nástrojové základny

Příloha B – Řídící program BP-MC-113304\_01 pro obrábění na CNC soustruhu  
MAS SMARTURN 120

Příloha C – Řídící program BP-MC-113304\_02 pro obrábění na CNC soustruhu  
MAS SMARTURN 120

Příloha D – Řídící program 113304-01 pro obrábění na konzolové frézce  
Klopp UW3 CNC

Příloha E – Řídící program 113304-02 pro obrábění na konzolové frézce  
Klopp UW3 CNC